

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003年2月20日 (20.02.2003)

PCT

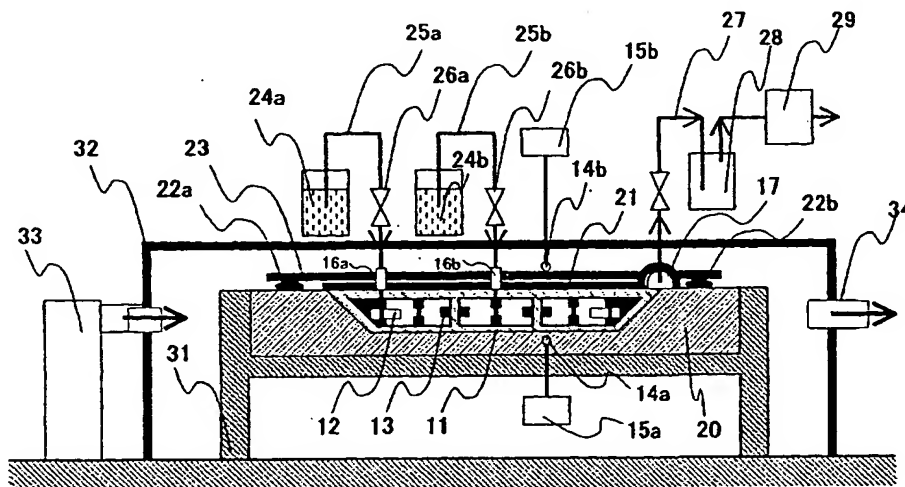
(10) 国際公開番号
WO 03/013820 A1

- (51) 国際特許分類⁷: B29C 39/10, 39/24, 39/38 // B29K 105:06
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/08019
- (22) 国際出願日: 2002年8月6日 (06.08.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-238854 2001年8月7日 (07.08.2001) JP
特願2001-243603 2001年8月10日 (10.08.2001) JP
特願2001-249055 2001年8月20日 (20.08.2001) JP
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 関戸 俊英 (SEKIDO, Toshihide) [JP/JP]; 〒520-0046 滋賀県 大津市 市長等2丁目8番40号 グランドメゾン704 Shiga (JP). 北野 彰彦 (KITANO, Akihiko) [JP/JP]; 〒791-0121 愛媛県 松山市 湯の山3丁目3番2号 Ehime (JP). 和田原 英輔 (WADAHARA, Eisuke) [JP/JP]; 〒791-3120 愛媛県 伊予郡 松前町大字筒井1456 東瀬戸寮413 Ehime (JP). 乃万 文昭 (NOMA, Fumiaki) [JP/JP]; 〒790-0046 愛媛県 松山市 余戸西1丁目3番33号 Ehime (JP).
- (74) 代理人: 佐藤 謙二 (SATO, Kenji); 〒520-8558 滋賀県 大津市 園山1丁目1番1号 株式会社東レアイ・ピー・イー 滋賀支所内 Shiga (JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東レ株式会社 (TORAY INDUSTRIES, INC.) [JP/JP]; 〒103-8666 東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING UPSIZED FRP MEMBER

(54) 発明の名称: 大型FRP部材の製造方法



(57) Abstract: A method for producing an upsized FRP member comprising: (A) a setting step of arranging a preform having a reinforcing fiber base material (11) on the surface of a mold for forming, (B) a sealing step of covering a forming portion with a bag material (23) or a mold (41), fitting thereto an opening (17) for evacuating and an opening (16) for injecting a resin and sealing the forming portion, (C) an evacuating step of evacuating the forming portion through the opening (17), (D) a heating step of heating the forming portion by a hot air, (E) a resin injecting step of adjusting the temperature (T_m) of the mold for forming and the temperature (T_v) of the bag material (23) or the mold (41) so that the two temperatures are higher than room temperature and the difference (ΔT) between them is 10°C or less, and injecting a thermoplastic resin through the opening (16) to thereby impregnate the reinforcing fiber base material with the resin, and (F) a solidifying step of keeping the temperature of the forming portion at a predetermined level (T_{pc}) being higher than room temperature to thereby solidify the resin.

[続葉有]

WO 03/013820 A1

BEST AVAILABLE COPY



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約:

本発明は、大型FRP部材の製造方法に係り、次のような構成を有する。

(A) 強化繊維基材(11)を有するプリフォームを成形型面上に配置するセット工程、(B) 成形部をバッグ材(23)またはモールド(41)で覆い、吸引口(17)および樹脂注入口(16)を設けて密閉する密閉工程、(C) 成形部を吸引口(17)から減圧する減圧工程、(D) 成形部を熱風にて加熱する熱風加熱工程、(E) 成形型の温度 T_m とバッグ材(23)またはモールド(41)の温度 T_v とを共に室温以上かつその温度差 ΔT を 10°C 以内とし、樹脂注入口(16)から熱硬化性樹脂を注入して強化繊維基材に樹脂を含浸させる樹脂注入工程、(F) 成形部を室温以上の所定の温度 T_{pc} に保持し、樹脂を固化させる固化工程。

明 細 書

大型FRP部材の製造方法

5 技術分野

本発明は、品質の優れた繊維強化プラスチック（以下、FRPと称）を、生産性を高くして製造するFRPの製造方法に関する。より詳しくは、未含浸部分やボイドなどが形成されにくく、品質の優れたFRPを低コストに歩留まりを高くして得ることが可能な大型FRP部材の製造方法に関する。

10

背景技術

優れた力学的特性、軽量化などの要求からFRP、特に炭素繊維強化プラスチック（以下、CFRPと称）が、主に宇宙・航空分野、スポーツ分野向けの部材に用いられてきた。たとえば、航空機用部材として、中、小型飛行機や大型旅客機、軍用機、スペースシャトルなどの一次構造材（胴体や主翼、尾翼、翼リブ等）、二次構造材（フェアリングやコントロール・サーフェス、トレーリング・エッジ等）への採用などである。

以前までの前記分野での技術的課題は、FRPの力学特性の向上や高精度化が主なものであったが、近年の課題はFRPの大型化とそのFRPの徹底した製造コストダウンである。また、上記FRPの用いられる用途分野が、輸送機器全般（鉄道車両、自動車、船舶など）や一般産業（風力発電、土木・建築など）へ幅広く展開していくに伴い、さらなるFRPの低コスト化が強く求められている。

これら力学特性に優れたFRP部材の代表的な製造方法としては、オートクレーブ成形法が知られている。かかるオートクレーブ成形法では、予め強化繊維にマトリックス樹脂を含浸させたプリプレグを、成形型に積み重ねて加熱・加圧してFRPを成形する。ここで用いる中間基材であるプリプレグは、それを用いると極めて品質の高いFRPが得られる利点があるが、プリプレグの製造・保管には高いコストがかかるだけでなく、成形設備が大掛かりなため、この製法によるFRPの生産性はあまり高くはなかった。

- 一方、FRPの生産性に優れる成形法としては、真空レジン・トランスファー成形法（真空RTM）が挙げられる。かかる真空RTMでは、マトリックス樹脂が含浸されていない（ドライな）強化繊維を複雑な成形型の中に配置して、成形型内を真空にした状態でマトリックス樹脂を強制的に加圧して注入することにより、強化繊維中にマトリックス樹脂を含浸させてFRPを成形する。

- この真空RTMにおいて、特に大型の構造体を成形する際は、複数の樹脂注入口を設けて各注入口からの樹脂の注入時期をタイミング良く制御して行く必要がある。このため、該樹脂の流動位置を的確に把握しておくことは極めて重要である。また、上記複数の注入口を必要とする様な大型の成形体を成形する場合、下型に強化繊維基材を配置し、透明なバギング用フィルムで該キャビティを覆った後、該キャビティ内を真空吸引して樹脂を各注入口から順次注入していたが、その際、各注入口からの樹脂注入は流動する樹脂の流れを透明な該バギング用フィルム越しに人が見ながら適当に注入のタイミングを図りながら行っていた。

- しかし、この様な人間の目による樹脂の流動状態の観察では、成形体が大い場合には見えにくい場所が生じたり、樹脂流動部の先端の位置を見誤ったりして、樹脂注入のタイミングが適正に図れない場合が生じると言う問題がある。ましてや、耐熱性が高い大型の成形体を上記下型とバギングフィルムを用いて製造する場合の様に、型全体を高温加熱する為に人間が型の周りに居て樹脂流動を確認出来難い場合や、比較的小さい成形体でも両面型で成形する場合の様に、型の外から人が樹脂流動状態を全く観察出来ない為、複数口からの樹脂注入のタイミングが図れないと言う問題がある。そのような場合、これまでは樹脂流速を想定し、人の経験による感や、準備した樹脂の使用量で各注入口からの注入のタイミングを図ってきた。しかし、このような方法では確実性が無く、量産性に乏しいため、生産性が低いという問題があった。

5

発明の目的

そこで本発明の課題は、FRP製大型面状体を、高価な設備を使用することなく安価に製造でき、かつ、比較的狭いスペースでも高い成形効率を発揮して比較的短い成形サイクルで成形できると同時に、未含浸部分やボイド等が形成され難

く、品質の優れたFRPを低コストに歩留まりを高くして得ることが可能な、量産性に優れた大型FRP部材の製造方法を提供することにある。

- 特に、樹脂の注入に際して、成形型や強化繊維基材の適正な温度状態の基で、樹脂の流動状態を人間の目視による観察や経験に基づく感覚によって推察して、
- 5 各樹脂注入口からの樹脂注入のタイミングを図るのではなく、液状の樹脂の流動位置を確実に把握しながら、各注入口から適正な樹脂注入タイミングを図ることによって強化繊維基材への未含浸部やボイド等が生じないように成形する大型FRP部材の製造方法を提供することにある。

10 発明の開示

すなわち、本発明は、かかる課題を解決するために、次のような手段を採用する。

次の(A)～(F)の工程を必須とすることを特徴とする大型FRP部材の製造方法。

- 15 (A)強化繊維基材を有するプリフォームを成形型面上に配置するセット工程、
(B)成形部をバッグ材またはモールドで覆い、吸引口および樹脂注入口を設けて密閉する密閉工程、
(C)成形部を吸引口から減圧する減圧工程、
(D)成形部を熱風にて加熱する熱風加熱工程、
- 20 (E)成形型の温度 T_m とバッグ材またはモールドの温度 T_v とを共に室温以上かつその温度差 ΔT を 10°C 以内とし、樹脂注入口から熱硬化性樹脂を注入して強化繊維基材に樹脂を含浸させる樹脂注入工程、
(F)成形部を室温以上の所定の温度 T_{pc} に保持し、樹脂を固化させる固化工程。
- 25 好ましくは、前記プリフォームが、強化繊維基材と樹脂拡散媒体を必須とし、前記(D)の熱風加熱工程では、成形型を断熱材で断熱された密閉室内に配置し、熱風を循環送風し、また、成形型内に設けた樹脂検知センサからの信号によって、複数設けられた樹脂注入口からの樹脂の注入開始時期を制御する。
- さらに好ましくは、前記(E)の注入工程において、前記成形型の温度 T_m

- またはバッグ材またはモールドの温度 T_v が $50 \sim 160^\circ\text{C}$ であり、前記 (F) の固化工程において、前記成形部の所定の温度 T_{pc} が $80 \sim 180^\circ\text{C}$ であり、前記熱硬化性樹脂の、前記成形型の温度 T_m またはバッグ材またはモールド (以下単にバッグ材をもって説明するが、それは必ずしもバッグ材に限定する意味ではない) の温度 T_v の低い方の温度における粘度 η_p が $500 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以下であり、かつ T_m における粘度と T_v における粘度の差 $\Delta \eta$ が $200 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以内である。

図面の簡単な説明

- 10 図 1 は本発明で使用する一例の樹脂における樹脂粘度の温度依存性を示す模式図である。
- 図 2 は本発明の一実施態様および実施例 2 に係わる成形方法を示す概略構成図である。
- 図 3 は本発明の実施例 1 に係わる大型 FRP 部材の製造方法を示す成形装置の概略横断面図である。
- 15 図 4 は本発明の実施例 2 および 3 に用いたエポキシ樹脂の粘度特性図である
- 図 5 は実施例 2 に用いた誘電センサの概略構成図である。
- 図 6 は本発明の実施例 3 に係わる成形方法を示す概略構成図である。
- 図 7 は本発明の製造方法によって得られた CFRP 製スキーンストリンガー構造部材の一実施態様の斜視図である。
- 20 図 8 は図 7 のストリンガーの種々の実施態様に係る断面図である。
- 図 9 は図 8 のストリンガーとは異なる態様のストリンガーの断面図である。

符号の説明

- 25 T_m : 成形型の温度
- T_v : バッグ材またはモールドの温度
- ΔT : 成形型の温度とバッグ材またはモールドの温度との差
- η_p : T_m または T_v の低い方の温度における樹脂の粘度
- $\Delta \eta$: T_m における樹脂粘度と T_v における樹脂粘度との差

- 1 : 成形型
- 2 : 4 3、強化繊維基材
- 3 : バッグ材
- 4 : 真空トラップ
- 5 5 : 真空ポンプ
- A 1 ~ A 4 : 樹脂注入ライン
- B : 真空吸引ライン
- C 2 ~ C 4 : 樹脂検知センサ
- D 1 ~ D 5、F 1 ~ F 3 : バルブ
- 10 E 1 ~ E 4 : 樹脂容器
- G 1 ~ G 3 : 誘導センサ
- 6 : 誘導センサ
- 7 : ベース基板
- 8 : 櫛状回路
- 15 1 1 : 強化繊維基材
- 1 2 : コア材
- 1 3 : 溝
- 1 4 a、1 4 b : 熱電対
- 1 5 a、1 5 b : 温度表示計
- 20 1 6 a、1 6 b : 樹脂注入口
- 1 7 : 吸引口
- 2 0 : 成形型
- 2 1 : 押圧板
- 2 2 a、2 2 b : シール用粘着性テープ
- 25 2 3 : バッグ材
- 2 4 a、2 4 b : 液体状の樹脂
- 2 5 a、2 5 b : 樹脂注入チューブ
- 2 6 a、2 6 b : バルブ
- 2 7 : 減圧吸引チューブ

- 28 : 真空トラップ
- 29 : 真空ポンプ
- 31 : 架台
- 32 : 保温ボックス
- 5 33 : 熱風発生機
- 34 : 排気口
- 40 : 金型
- 41 : 上型
- 42 : 下型
- 0 44 : フォームコア
- 45 : 真空吸引ライン兼樹脂注入ライン
- 46 : 樹脂注入口
- 47 : シール用Oーリング
- 51 : スキン
- 5 52 : ストリンガー
- 53 : フランジ
- 54 : コーナー部分

発明を実施するための最良の形態

- 0 大型のFRP部材を成形するに際し、複数の吸引口を介して成形部を減圧し、
複数の樹脂注入口から樹脂を注入することができる。複数の樹脂注入口からの樹脂注入開始のタイミングをずらすことができ、時間差をもって順次樹脂注入することができる。即ち、樹脂流動は樹脂注入口より遠ざかるに従って、流動抵抗の増加により非線型的に遅くなる。従って、注入口を複数にして、新しく樹脂注入
- 5 を開始することにより、広い面積、長尺の成形体に対しても、充分対応することも可能で、比較的短時間で樹脂含浸できると共に、また各部位に樹脂含浸洩れによるボイド等を生じさせることなく、良好な成形状態を確保することが可能になる。また、複数の吸引口や複数の樹脂注入口を適切に配置しておくことで、比較的複雑な形状や構造を有する成形体に対しても、たとえば、局部的にリブを有す

るスキン構造体、該リブの一部に開口部分（穴開き部）を有するスキン構造体、サンドイッチ構造部分の周囲がスキン構造をなすサンドイッチ構造体などに対しても、適切に対応できるようになる。

樹脂注入時の課題を解決するために、下記の方法を実施する。即ち、成形型内に連通した樹脂検知センサからの信号によって、各注入口からの該樹脂の注入開始時期を制御することを特徴とする成形方法からなる。

上記樹脂の検知センサとして、光を出射する出射面を先端、もしくは先端の近傍に有する第１の光ファイバーと、該第１の光ファイバーから出射された光を受光する入射面を先端、もしくは先端の近傍に有する第２の光ファイバーからなる液体検知用センサを用いることにより、ピンポイント的ながら樹脂を検知できる。

また、上記樹脂の検知センサとして、誘電率の変化を検出するフレキシブルな誘電回路基板からなる液体検知用センサを用いると、平面状に樹脂を効率よく検知できる。

また、本発明に係る大型ＦＲＰ部材の製造方法においては、注入された樹脂がゲル化するまで吸引し続けるようにすることができ、それによって、より確実に樹脂の拡散を達成できると共に、樹脂から発生する揮発性ガスの残存によるボイドの発生も防止できる。

樹脂拡散媒体は、そのまま成形品と一体に成形品内に残すこともでき、成形後に成形品からシート状の樹脂拡散媒体を除去することもできる。樹脂拡散媒体を除去する場合には、樹脂拡散媒体と強化繊維基材との間に、剥離しやすい離型織布であるピールプライを介装しておけばよい。

このような本発明に係る大型ＦＲＰ部材の製造方法においては、従来のプリプレグ／オートクレーブ方式による成形に比べ、片面型でよく、その型も、真空圧に耐え得るだけの低強度な非金属等の安価な型でよく、かつ、オートクレーブ設備やプリプレグ保冷用の冷凍庫等の高価な設備が不要であり、安価な熱風を加熱熱源とすることができる。また、プリプレグに比べ安価な強化繊維基材を直接使用でき、成形のための工数も少なくて済む。さらに、オートクレーブ設備やプリプレグ保冷用の冷凍庫等が不要であることから、成形用のスペースが少なくて済み、強化繊維基材のレイアップから、樹脂注入、硬化、脱型までを同一の場所で

行うことができる。したがって、生産設備費、製造コストを著しく低減できるとともに、比較的狭い場所で大型のFRP部材を成形することが可能になる。

また、同一場所で賦形から脱型まで行うことができ、所定温度への加熱も熱風を用いて成形型、成形部全体を速やかに加熱できるから、成形サイクルが短くなり、極めて高い成形効率を達成できる。したがって、優れた量産性も同時に達成される。

また、樹脂注入は真空圧による圧力差（最大 98 kPa （ 1 kg/cm^2 ））でなされるが、より高圧で樹脂を吐出できれば、一層効果的に樹脂注入が可能となる。そのためには、樹脂槽を成形型面より高い位置に設置すると良い。それによって、流体力学的なヘッド差が増圧できる。

以下に、本発明を、望ましい実施の形態に基づいて詳細に説明する。

本発明のFRPの製造方法は少なくとも次の（A）～（F）の工程を必須とする。

（A）セット工程

強化繊維基材を所定のサイズ、形状に裁断して、必要に応じて積層してなるプリフォームを成形型面上に配置する工程である。

ここでプリフォームは、成形型上で形成してそのまま配置したものでもよいし、成形型とは異なるプリフォーム型で形成したものを運搬して成形型上に配置したものでもよい。

前記プリフォームは、各強化繊維基材のズレや乱れを防止するために、それらを固定、さらに高密度化することもある。その固定手段としては、例えば、ピンポイント的、ライン状または全体的に接着性粒子を散布したり、接着性繊維を配置したりして、その後それらを熱接着する手段などを用いることができる。また、高密度化手段としては、例えば、加熱しながらプレスにて加圧したり、密閉した空間で吸引して大気圧にて加圧する手段などを用いることができる。

また、前記プリフォームは、強化繊維基材に加えて、樹脂拡散媒体からなると、後述の（E）注入工程での樹脂の含浸が容易になるため好ましい。かかる樹脂拡散媒体としては、例えば、所定の溝加工を行ったコア材、樹脂流動抵抗の低い網目状のシート材などが挙げられる。かかるコア材を用いて成形後もコア材をFR

P内に残すとサンドイッチ構造のFRPが得られ、かかる網目状シートを用いて成形後に除去するとスキン構造のFRPが得られる。なお、後者の場合は、樹脂拡散媒体と強化繊維基材との間に離型用織布（ピールプライ）を重ねて配置すると、成形後にFRPから容易に樹脂拡散媒体を剥離除去できるため好ましい。

- 5 かかるコア材としては、100℃加熱状態（望ましくは120℃加熱状態）で真空圧が作用した時の収縮率が5%以下の耐熱性があることが好ましい。コア材としては多孔質やソリッド状のもののもどちらでもよいが、外周面から樹脂が浸透しないことが重要であり、フォーム材の場合は独立気泡発泡体であることが好ましい。また、用途によっては、吸湿性の低い材料（例えば、吸湿後の膨潤率が5%
10 以下）が求められる場合がある。具体的な材料としては、塩化ビニル製（たとえば、“クレゲセル”（商品名））やポリメタクリルイミド製（たとえば、“ロハセル”（商品名））のフォームコアや、それらのフォームコアが詰められたアルミ製やアラミド製ハニカムコアなどが挙げられる。また、木製コアやバルサコアなども適用可能である。

- 15 特にサンドイッチ構造のFRPを製造する場合、強化繊維基材とバッグ材との間に比較的高い剛性を有する押圧板（たとえば、ガラス繊維基材で補強した厚さ1～2mm程度の樹脂製プレート）を非型面側に配置することにより、平滑性を発揮させることもできる。その押圧板は複数枚設けて配置しながら繋ぎ合わせてもよい。

- 20 かかる強化繊維基材としては、例えば2次元の一方向性、二方向性、それ以上の多方向性、もしくは3次元の多方向性を有した織物、編物または組紐や、一方向に引き揃えられたシート（一方向シート）、一方向シートを2層以上重ね合わせた多軸シートなどが挙げられ、それらはステッチ糸や結節糸などにより複数が一体化しているものでもよい。特に輸送機器（特に航空機や自動車）の構造部材と
25 して用いる場合には、一方向性の織物、一方向シートを選択するのが好ましい。

強化繊維としては、ガラス繊維、有機（アラミド、PBO（パラフェニレンベンゾビスオキサゾール）、PVA（ポリビニルアルコール）、PE（ポリエチレン）など）繊維、炭素繊維（PAN系、ピッチ系など）などが使用できる。

炭素繊維は比強度・比弾性率に優れ、殆ど吸水しないので、航空機や自動車用

の構造材の強化繊維として好ましく用いられる。中でも、下記の高靱性炭素繊維系であると、FRPの衝撃吸収エネルギーが大きくなるので、航空機の構造部材としても適用しやすくなる。すなわち、JIS R 7601に準拠して測定される引張弾性率 E (GPa) が210 GPa以上かつ破壊歪エネルギー W (MJ/m³ = 10⁶ × J/m³) が40 MJ以上であると好ましい。より好ましくは引張弾性率240を超え400 GPa未満かつ破壊歪エネルギーが50 MJ/m³以上である。ここで、破壊歪エネルギーとは、JIS R 7601に準拠して測定される引張強度 σ (GPa) と、前記した E 値とを用いて、次式 ($W = \sigma^2 / 2E$) に基づいて算出される値のことをいう。

- 0 また、後述の ΔT を本発明の範囲内にするためには、熱伝導率が高い強化繊維が好ましく、かかる観点からも炭素繊維を用いることが望ましい。ここで、望ましい熱伝導率は、10 W/(m·K)以上であり、更に望ましくは12 W/(m·K)以上、とりわけ20 W/(m·K)以上であるのが望ましい。なお、熱伝導率の上限は特にないが、高すぎる炭素繊維は力学特性に劣る場合があるため、一般的には100 W/(m·K)以下であるのが望ましい。

さらに、特に本発明に係る大型FRP部材の製造方法においては、熱伝導率が高い強化繊維をその主方向に選択的に配することで、特に短時間で ΔT を本発明の範囲内にでき、より温度が安定した状態で成形ができるので望ましい。

0 (B) 密閉工程

- 前記プリフォームと、場合によって樹脂拡散媒体や離型用織布などの副資材とを成形型面上に配置した後、例えばそれらの外周の型面上にシール用粘着性テープやシーラントを貼り付け、その上にバッグ材として例えばバギング用フィルムを配置して成形型上の成形部を覆って密閉する。また、強化繊維基材の体積含有率をより向上させる場合には、樹脂注入後、バッグ内の圧力上昇を防止する効果を発揮させるために、さらに該バギング用フィルムの外側にもう一重バギング用フィルムで覆ってもよいし、バギングしながら成形部を加熱しながら適切な時間放置して大気圧を利用して圧縮してもよい。また、経済性を高めるためにバッグ材として、再使用が可能なシリコンゴム製などのラバーシートを用いてもよい。

さらに、ヒータを内蔵したラバーシートは加熱、保温上より効果的な場合もある。

なお、密閉するに際し、減圧（真空）吸引口および樹脂注入口をセットし、具体的には開口部を有するライン状機材（例えば、アルミニウム製C型チャンネル材など）を強化繊維基材の端部周辺に配置し、該ライン状機材の端部に例えば樹

5 脂製チューブなどを連通させる。

（C）減圧工程

成形部を前記吸引口から、例えば油拡散タイプの真空ポンプなどを用いて吸引により減圧する。かかる減圧により、ボイドの原因となる空気を極力排出してお

10 くとともに、大気圧によって基材を押圧して強化繊維基材の強化繊維体積含有率 V_{pf} を高めることが好ましく、その繊維体積含有率 V_{pf} が45%以上、望ましくは50%以上となるようにすることが好ましい。なお、その際には、後述の

（D）加熱工程で前記接着性粒子や接着性繊維が熱接着できる室温以上の温度に加熱して、一定の時間保持しておく、より安定して V_{pf} を高くすることがで

15 きる。

（D）熱風加熱工程

成形型を含め前記成形部を加熱する。かかる加熱において、加熱媒体としては設備及びランニングコストが比較的安価な熱風を用いる。つまり、成形型全体を

20 加熱する熱源としては下記方法を実施することによって高い熱効率が得られる熱風を適用するのが好適と言えることからである。即ち、成形型全体を加熱オーブン内に投入して密閉し、オーブン内で熱風を循環させる方法は熱効率が高く最も

実用上好ましいが、簡易的な密閉室を作製して成形型全体を断熱材で覆い、その中に熱風をブローアースで送風しかつ循環する方法でもよい。何れにしても、熱風を

25 加熱媒体とすると成形型を後述の所定の温度 T_m に対し $\pm 5^\circ\text{C}$ 以下（望ましくは $\pm 2^\circ\text{C}$ 以下）の範囲に安価かつ容易に納めることができる。熱風加熱により、オートクレーブに比べ、高い経済性を達成できる。ただし、既設のオートクレーブがそのまま利用できる場合には、温度斑の点で優れるオートクレーブを利用してもよい。

(E) 樹脂注入工程

成形型の温度 T_m とバッグ材の温度 T_v とが共に室温以上であり、かつ前記 T_m と前記 T_v との温度差 ΔT が 10°C 以内（より好ましくは 8°C 以内、さらに好ましくは 5°C 以内、とりわけ好ましくは 3°C 以内）であるときに、好ましくは予め脱泡しておいた容器に入れた液体状の樹脂を、例えば減圧（真空）吸引を続行しながら樹脂注入口に連通したチューブ端を前記容器の樹脂内に投入し、強化繊維基材を配置した成形型の成形部内に樹脂を注入する。場合によっては大気圧以上の機械的圧力を負荷して強制的に注入してもよい。

- かかる T_m および T_v は $50 \sim 160^\circ\text{C}$ であると、後述の樹脂が低粘度となり、より樹脂の含浸が容易になるだけでなく、樹脂自体の選択の巾が広がり、力学特性に優れるなどの高性能の樹脂を選択して使用できるため好ましい。

前記 ΔT について、図面を参照しながら詳細に説明する。図1は、本発明で使用する一例の樹脂における樹脂粘度の温度依存性を示す模式図である。前記 ΔT が 10°C を超えると、バッグ材面と成形型面との樹脂粘度の差が大きくなりすぎ、樹脂の流動挙動に著しい差が発現して流動バランスが崩れ、最悪の場合はプリフォームに未含浸部が残るなどの欠陥を引き起こし、高品質なFRPが生産性よく安定して得られない。特に、樹脂拡散媒体としてコア材を用いてサンドイッチ構造のFRPを成形する場合、コア材は強化繊維基材より熱伝導率が低い場合が多く、成形型とバッグ材との伝熱を阻害して強化繊維基材の温度が大きく異なり、この現象がさらに顕著となる。

より具体的に ΔT の発生状況について説明する。例えば熱風により加熱を行った場合、バッグ材側に配置されている強化繊維基材はバッグ材を経由して加熱され、成形型側に配置されている強化繊維基材は同様に成形型を経由して加熱される。しかしながら、成形型とバッグ材とはその厚みや材質の違いから熱伝達率および熱容量が大きく異なる事や、前記熱風の循環経路に起因して、同時に加熱を開始した場合には所定の温度に昇温されるまでの時間に予想外の大きな差違が生じる。一般的にはバッグ材の方が熱容量が小さいために、バッグ材側の強化繊維基材の温度が早く所定の温度に達してしまい、 ΔT が発生してしまうのである。

もちろん、熱風の循環経路によっては、成形型側の強化繊維基材の温度が早く所定の温度に達する場合もある。

- また、 ΔT はプリフォーム（積層された強化繊維基材）自体の熱伝達率によっても強い影響を受けるため、特に短時間で ΔT を本発明の範囲内にする場合には、
- 5 プリフォームにおける強化繊維基材の強化繊維体積率 V_{pf} が高い（密な）状態にされているのが望ましい。 V_{pf} を20%向上させるだけで、熱伝達率を10 W/(m・K)から、望ましい状態である12 W/(m・K)へ容易に向上できるので効果は大きい。しかしながら、上記 V_{pf} は高過ぎると樹脂の含浸が阻害される場合がある。かかる観点から V_{pf} は45～62%、より好ましくは50
- 10 ～58%とすることが望ましい。ここで、 V_{pf} は下式より算出される。

$$V_{pf} = (W1 \times P1) / (\rho \times t1 \times 10)$$

$W1$ ：強化繊維基材1 m²あたりの強化繊維の重量 (g/m²)

$P1$ ：プリフォーム中の強化繊維基材の積層枚数

ρ ：強化繊維の密度 (g/cm³)

- 15 $t1$ ：プリフォーム中の強化繊維基材が積層された部分の厚み (mm)

すなわち、本発明は、成形型の温度 T_m とバッグ材の温度 T_v との実際の温度には加熱時における熱の伝達経路の差違により比較的大きな温度差が存在し、これに起因して高品質なFRPが生産性よく安定して得られないことを解明し、前記方法によってその問題を解消した。

- 20 ここで、前記 T_m の測定は、成形型内の温度を例えば熱電対などで測定すればよい。特に成形型が熱伝導の悪いFRP型や木型である場合には、より厳密に強化繊維基材の温度を反映させる意味では、成形部における測定箇所は成形型表面から5 mm以内、より好ましくは成形型表面で測定するのが好ましい。

- また、バッグ材の温度 T_v の測定は、成形部におけるバッグ材の表面温度を例
- 25 えば熱電対などで測定すればよい。バッグ材は成形型に比べると遙かに薄いため、熱伝導が悪くてもその外面の表面温度が強化繊維基材の温度を比較的正确に反映する。もちろん、より厳密に強化繊維基材の温度を反映させる意味では、成形部におけるバッグ材内面の表面温度を測定するのが好ましい。

なお、前記 T_m および前記 T_v の測定は、厚み方向に対向して行われると、よ

り正確に樹脂の流動挙動を予想することができるため好ましい。この場合、複数箇所で測定し、その各々の測定個所について前記 ΔT の範囲内にすると更に正確に予想できるため、最も好ましい態様の一つといえる。

また、別の視点からは、前記 T_m または T_v の低い方の温度における樹脂粘度 η_p が500 mPa・s以下であり、かつ前記 T_m における樹脂粘度と前記 T_v における樹脂粘度との差 $\Delta \eta$ が200 mPa・s以内であるのが好ましい。より好ましい樹脂粘度 η_p は350 mPa・s以下、さらに好ましくは200 mPa・s以下であり、より好ましい粘度差 $\Delta \eta$ は150 mPa・s以内、さらに好ましくは100 mPa・s以内である。ここで前記範囲が好ましい理由は、上述の温度差 ΔT の場合と同様である。ここで、樹脂粘度は、E型粘度計（TOKIMEC製TVE30H）を用いて、同一の剪断速度にて測定したものを指す。

該キャビティ内に流入した樹脂は、特に樹脂拡散媒体を用いた場合、サンドイッチ構造の場合はコア材に加工した溝内を、スキン構造の場合には樹脂拡散媒体内を面方向に流れて拡散するとともに、強化繊維基材内に厚み方向に浸透して行くことによって強化繊維基材内に含浸し、樹脂の含浸を効率的かつ速やかに行うことができるため好ましい。強化繊維基材への含浸が終了すると、やがて樹脂は真空吸引口へと流出する。

本発明の製造方法によると、かかる効率的かつ速やかな樹脂の含浸が可能のため、3 m以上の大型のFRPを製造するのに好適である。5 m以上、さらに10 m以上のものに対してさらにメリットは大きい。かかる大型FRPを成形する場合、樹脂の注入速度を所定レベルより低下させて、全体への樹脂の含浸が終了する前に樹脂のゲル化が始まることが生じないように、樹脂の注入ラインを複数にする場合が多い。また、同様に真空吸引ラインも複数にする場合もある。そのような場合、各樹脂注入ラインに樹脂を流すタイミングは必ずしも一定や同時ではなく、未含浸部分が生じないように樹脂の流動状況を観察またはモニタリングしながら判断することが好ましい。バッグ材が透明または半透明のものであれば、樹脂の流動状況を観察することができるが、目視できない場合でも後述の光や誘電率を利用した樹脂検知センサにより流動状況を把握できる。

なお、減圧（真空）吸引は、未含浸部やボイドなどの欠陥の発生を極力抑制す

るために、注入した樹脂がゲル化するまで継続することが好ましい。

本発明で用いる樹脂としては、耐熱性の高い熱硬化性樹脂、特に加熱することによってガラス転移温度 T_g が 100°C 以上、望ましくは 120°C 以上、より望ましくは 150°C 以上となる樹脂を選定することが好ましい。より具体的には、

- 5 上記 (E) の樹脂注入工程において注入されている間は液状であり、上記 (F) 固化工程において加熱されて固化された後は T_g が 100°C 以上の樹脂を選定するのが好ましい。また、その樹脂の常温時引張り伸度は耐衝撃性や疲労特性の点から 3% 以上、望ましくは 4.5% 以上とすることが好ましい。そのような樹脂としては、エポキシ、フェノール (レゾール型)、ポリベンゾイミダゾール、ベン
- 10 ゾオキサジン、シアネートエステル、不飽和ポリエステル、ビニルエステル、ユリア・メラミン、ビスマレイミド、ポリイミド、ポリアミドイミドなどや、これらの共重合体、変性体および2種類以上ブレンドした樹脂、さらにエラストマーやゴム成分、硬化剤、硬化促進剤、触媒などを添加した樹脂などを使用することが
- 15 できる。前記のような熱硬化性樹脂は、主剤と硬化剤に分けられるものがあるが、その場合は注入直前にそれぞれを混合・攪拌して真空脱泡することが好ましい。脱泡する際には、泡抜けを良くするために加熱したりすることができる。

<樹脂検知センサによる成形法>

- 以下に、樹脂検知センサによる成形法を望ましい実施形態と共に、図面を参照
- 20 にして詳細説明する。図2は、本発明の一実施態様に係わる大型FRP部材の製造方法を示している。成形型を上方から見下ろした平面図である。

- 成形型1の成形面の上に強化繊維基材2を配置し、複数の樹脂注入ラインを所定の間隔で配置した。第1の樹脂注入ラインA1と対抗する基材端部に真空吸引ラインBを配置し、該樹脂注入ラインや真空吸引ラインを含めて、基材2全体をバ
- 25 ッグ材3で覆った。第1の樹脂注入ラインであるA1以外の樹脂注入ラインの先には、樹脂流動の可否を検知する樹脂検知センサCを基材の上面に配設している。

樹脂の流動性を高める為に、樹脂流動抵抗が強化繊維基材より $1/10$ 以下の樹脂拡散媒体をその離型用織布を介し、樹脂検知センサCを含めて基材の上面に配設している (樹脂拡散媒体、離型用織布は記載していない)。その上から全体を覆

うようにバッグ材 3 でバギングした。バッグ材 3 と成形型 1 とのシールは粘着性の両面シールテープ(記載していない)で行う。この両面シールテープは、樹脂注入ライン A1 や真空吸引ライン B と連通し、バッグ材 3 の外部と延びるチューブ類や樹脂検知センサ C のコード類の成形型 1 とのシールにも用いる。

- 5 上記の様に各種材料を成形型に配置し、バッグ材 3 で全体をバギングした後、真空ライン B 連通した真空トラップ 4 を介して真空ポンプ 5 によってバッグ内全体を真空吸引する。勿論その際には、各樹脂注入ラインから連通するチューブの途中に設けたバルブ(D1~D4)は総て閉状態にしておく。

- その後、加熱用熱風をオープン(記載していない)によって発生させ、成形型全体を所定の温度まで加熱していく。型表面や基材表面に設置した温度センサ(記載していない)でそれぞれの表面温度は明確に検知する。所定の温度に到達したら、先ず、第 1 のバルブ D1 を開放して第 1 の樹脂注入ライン A1 に樹脂タンク E1 より所定の樹脂を注入する。その後、該第 1 の樹脂注入ライン A1 から流出し

- た樹脂は、該第 1 の樹脂注入ライン A1 とは対抗の位置にある真空吸引ライン B 5 に向かって樹脂拡散媒体内を流動していく。そして、樹脂拡散媒体で基材表面を流動していく樹脂はやがて基材内にも流れて含浸して行く。しかし、その樹脂は第 2 の樹脂注入ライン A2 に向かって流れていくが、既に含浸した樹脂拡散媒体内や基材の中を流れるため、徐々に樹脂流動抵抗が大きくなり流速が非線形的に低下していく。

- 0 樹脂のポットライフの時間に達する前に、既に含浸した部位を通らず、樹脂の流動抵抗がまだ高くなっていない位置、即ちここでは第 2 の樹脂注入ライン A2 より新たな樹脂注入を開始する必要が生じてくる。第 2 の樹脂注入ライン A2 に樹脂を注入するためのバルブ D2 を開放するタイミングを正確にコントロールするために、樹脂検知センサ C2 によって所定の位置を樹脂が流動していった時を正
5 確に認識する。そのセンサ C2 によって、第 2 の樹脂注入ライン A2 に樹脂を注入するタイミングを認識したら第 2 のバルブ D2 を開放してその位置より新しい樹脂を注入する。第 1 の樹脂流入ライン A1 からの樹脂の注入は、バルブ A1 を閉鎖することによって停止する。該第 2 の樹脂注入ライン A2 より注入された樹脂は、次の第 3 の樹脂注入ライン A3 に向かって流れていく。以後は、その繰り返しであ

る。最終的に、樹脂が真空吸引ライン B に到達したら、最後の樹脂注入ラインに流出する樹脂をそのバルブを閉鎖することによって停止させる。

(F) 固化工程

- 5 含浸が終了した後は樹脂の注入を停止し、樹脂注入口に空気が流入しないように樹脂注入口を完全に閉鎖することが好ましい。その状態で、成型型を含め成形部を室温以上の所定の温度 T_{pc} に所定の時間保持し、含浸させた樹脂を固化(硬化または重合)させる。かかる T_{pc} は $80 \sim 180^{\circ}\text{C}$ であると、効率的に樹脂の固化が促進され、成形サイクルをより短くできるため好ましい。
- 10 加熱媒体としては、成型型全体を加熱する熱風を適用するのが好ましい。ここで熱風が好ましい理由は、上述の (D) 加熱工程と同様である。

- ここで得られる FRP は、FRP における強化繊維基材の強化繊維体積率 V_f を $45 \sim 65\%$ にするのが好ましい。より好ましくは $50 \sim 62\%$ 、更に好ましくは $53 \sim 60\%$ である。 45% 未満であると FRP の軽量化効果に劣るだけでなく、力学特性が全般的に低くなる傾向がある。これは、特に航空機部材として適用しにくくなることを意味する。また、 65% を越えると逆に力学特性(特に圧縮強度)に劣るだけでなく、未含浸部分が形成される場合がある。 V_f を上記範囲内にすることができる。なお、 V_f は下式より算出される。
- 15

$$V_f = (W_2 \times P_2) / (\rho \times t_2 \times 10)$$

- 20 W_2 : 強化繊維基材 1m^2 あたりの強化繊維の重量 (g/m^2)
- P_2 : FRP 中の強化繊維基材の積層枚数
- ρ : 強化繊維の密度 (g/cm^3)
- t_2 : FRP 中の強化繊維基材が積層された部分の厚み (mm)

- また、本発明の大型 FRP 部材の製造方法は、必要に応じて、前記 (F) 固化
- 25 工程の後に、次の工程を経てもよい。

(G) 取出工程

樹脂を固化した後に、脱型時に変形しないまでに剛性を有していることを確認して、バギング用フィルムやラバーシートを取り除いて FRP 成形体を成型型上

- より脱型して取り出す。樹脂拡散媒体、特にコア材をそのまま成形品内に残すこともできるし、必要に応じて、樹脂拡散媒体、とくに網目状シートを成形後にFRP成形体から除去することもできる。後者の場合は、強化繊維基材との間に予めピールプライ（使用する樹脂と相溶性の悪いもの、例えば樹脂としてエポキシ樹脂を用いた場合にはポリエステル製の織布）を介装しておけば、容易に剥離除去することができる。

(H) 完全固化工程

- 取り出したFRP成形体をさらに前記温度 T_{pc} の温度よりも高く、かつ100℃以上の所定の温度 T_{ac} に保ち、完全に固化（硬化または重合）させる。かかる処理により、樹脂を完全に硬化させてそのガラス転移温度 T_g をさらに高くすることができ、耐熱性が必要な例えば航空機用部材にFRPを用いることができるようになるため好ましい。

- 本発明の大型FRP部材の製造方法により得られるFRPは、優れた品質だけでなく、高い力学特性を有し、かつ軽量であるため、その用途が、航空機、自動車、船舶の輸送機器における構造部材、外装部材、内装部材もしくはそれらの部品の内のいずれかであることが好適である。とりわけ航空機の構造部材に好適であり、各種フェアリング、メインランディングギア・ドア、テイルコーン、エンジンナセル、コントロール・サーフェスなどの2次構造材以外に、主翼、床支持桁、胴体、垂直尾翼、水平尾翼、ウイング・ボックス、キール等の1次構造材を本発明の大型FRP部材の製造方法で成形することが好ましい。

<スキーンストリンガー構造部材の製造方法>

- ここで、本発明でいう「スキーンストリンガー構造部材」とは、図7に示すように、スキン（板）51と、スキン51の少なくとも片側に、桁や骨となる補強材のストリンガー52が一体となった構造をしているものをいう。この場合、ストリンガー52は、図のようにI形をした比較的大きな部材52Aであっても、また、小さなリブ状体52Bであっても良い。このように両部材51、52を一体化することで、接合部の重量が低減でき、金属重量比で大幅な軽量化が可能と

なるばかりでなく、接合用の組み立てジグや労力が不要であり、経済性の点からも極めて好ましい。また、この構造は、接合部がないことから、空力抵抗が低減するという効果や、接合部からの水分の進入で引き起こされる劣化も抑制できるという効果も期待できる。本発明の製造方法によって得られた構造部材の平面的な大きさは 3 m^2 以上で、その主たる用途は特に限定されないが例えば航空機の胴体や主翼、尾翼、バルクヘッド、フロアー、カナードなどの全体またはそれら5 の一部を構成することができる。

スキン51部分は、平面であったり凹凸面であったりするが、面剛性を必用とするため、面内等方性であることが好ましく、後述する繊維の配向方向は、繊維10 が直交する方向（以下、直交構成あるいは、 $0/90$ 構成と略称する。）、あるいは互いに 45 度で交差する方向（以下、疑似等方構成と略称する。）、あるいは繊維が互いに 60 度で交差する（以下、3軸構成あるいは疑似等方性構成と略称する。）であることが好ましい。胴体部がスキンに該当する場合、内圧により胴体の周方向に張力が発生するため、前記した疑似等方性構成から著しくずれない範囲15 内で周方向に補強繊維をより多く配向させること、具体的な範囲としては、補強繊維に占める割合が $25\sim35\%$ であることが好ましい。この場合、 25% 未満であると周方向の強度不足となり、 35% を越えると周方向以外の強度が不十分となる傾向がある。また、胴体スキンの中でも頂部（以下、クラウン位置と略称する。）に位置するスキンの場合は、航空機の前後方向の曲げ剛性および強度を向20 上させるために、長手方向に連続繊維をより多く配列させること、具体的には補強繊維に占める割合が $25\sim40\%$ になるようにするのが好ましい。

翼やカナードにおけるスキンは、上面では揚力により圧縮力が翼の長手方向に作用するため、連続繊維は翼の長手方向に配列させることが好ましい。この場合、長手方向に配列する繊維は、スキン上面の最表面に近ければ近いほど、曲げ剛性25 が向上して好ましいが、工具の落下などの衝撃を受ける確率も大きくなるため、最表層より少し内側（最表層の配向は主翼の長手と 45 度方向に配して、その内側）に配置することが好ましい。

フロアーやバルクヘッドにおけるスキンは、ストリンガーにより両面から支持されている構造であることが多く、スキンのソリを小さくするために、 45 度毎、

あるいは、60度毎に連続繊維が配列している疑似等方性とすることが好ましい。

- ストリンガー部分は、スキンの剛性を目的とする方向に向上させるために構成する。すなわち、胴体の場合は、周方向および前後方向にストリンガーをスキンと一体化させる。翼の場合は、長手方向にストリンガーを、長手と直交方向にリブを配する。ここで、ストリンガー52の断面は図8、図9に示すように、I型、Z型、L型、T型、J型、Y型、ハット型、ボックス型ストリンガー52C~52J等であり、図7に示すように、スキンの曲面に沿ってフランジ53部分が曲率を有していたり、断面積も可変であって差し支えない。ストリンガーには、長手方向の剛性とねじり剛性が重要であるため、長手方向に連続繊維をより多く配列する。好ましい範囲としては、補強繊維に占める割合が25~60%となるように配列させることと、長手方向に対し40~50度方向により多くの連続繊維、好ましい範囲としては補強繊維に占める割合が25~50%となるように配列させることが好ましい。また、図8に示すように、Z型断面ストリンガー52Cのコーナ一部分54のように、ストリンガーの曲がり部分では、面外の力が発生して剥離が発生する可能性があるので、曲がり部分には厚み方向にステッチによる補強繊維やピンなどの補強を施すことが好ましい。特に、厚みが3mmを超えるストリンガーの場合には、厚み方向の補強が有効である。勿論、フランジ部分にもステッチなど同様の補強を施すことも差し支えない。

- これら大型の一次構造部材は極めて高い信頼性を要求され、上記した耐損傷性（ある程度の大きさの内部損傷があっても飛行に十分な残存圧縮強度を有する）が要求される部材であり、かつ、耐熱性が要求される。中でも胴体キール部分（胴体の底部）は石などの衝突が、また、主翼の上/下面は工具などの衝撃が発生しやすい箇所であり、本発明を適用するに好ましい部材である。尚、部材の大きさは、大きくして一体化するほど、部品点数が減って組み立て工数が低減できて、経済性上好ましいが、大きすぎるとアクセスホールが確保しにくくなる、非破壊検査がしにくくなる等の弊害も生じるので、上限としては100m²程度が適切である。

また、部材の取り回しの効率上からは、部材の最大差し渡し長さは30m以下であることが好ましい。最大差し渡し長さとは、部材の2点を直線で結んででき

る距離のうち、最大のものを指す。

- このような本発明に係るCFRP製スキーンストリンガー構造部材の製造方法においては、従来のプリプレグ／オートクレーブ方式による成形に比べ、片面型でよく、その型も、真空圧に耐え得るだけの低強度な非金属等の安価な型でよく、
- 5 かつ、オートクレーブ設備やプリプレグ保冷用の冷凍庫等の高価な設備が不要であり、安価な熱風を加熱熱源とすることができる。また、プリプレグに比べ安価な強化繊維布帛を直接使用でき、成形のための工数も少なくて済む。さらに、オートクレーブ設備やプリプレグ保冷用の冷凍庫等が不要であることから、成形用のスペースが少なくて済み、強化繊維布帛のレイアップから、樹脂注入、硬化、
- 10 脱型までを同一の場所で行うことができる。したがって、生産設備費、製造コストを著しく低減できるとともに、比較的狭い場所でスキーンストリンガー構造の航空機一次構造部材を容易、かつ安価に製造することが可能になる。

実施例

- 15 以下に、より具体的な実施例について説明する。まず、成形条件と成形装置の構成仕様について、以下のような実施例および比較例を実施した。

実施例 1

- (1) 構造 ： ほぼ全体がサンドイッチ構造、全周の端部100mmがスキーン構造を有する長さが約5m、幅が約3mの平面体（航空機用二次構造部材、例えばフェアリングを想定）。
- 20

(2) 強化繊維基材の構成 ：

- (2-1) サンドイッチ構造平面部分（上下側面共）；
- 東レ（株）製”トレカ”二方向性織物（ $200\text{ g/m}^2 \times 6\text{ ply}$ ）

- 25 (2-2) サンドイッチ構造ウェブ部分；

東レ（株）製”トレカ”二方向性織物（ $200\text{ g/m}^2 \times 8\text{ ply}$ ）

(2-3) 周辺端部のスキーン構造部；

東レ（株）製”トレカ”二方向性織物（ $300\text{ g/m}^2 \times 10\text{ ply}$ ）

- (3) コア材 ： ポリメタクリルイミド製フォームコア（”ロハセル”）；15

倍発泡×厚さ25mm幅方向に樹脂流路用に矩形状溝(3mm×3mm、25mmピッチ)をコアの上下面に千鳥状に形成させたもの。

(4) 成型型 : 厚さ10mmで炭素繊維とエポキシ樹脂とからなるCFRP製型を用い、架台はアングル材による枠組み構造体を用いた。

- 5 長さ5m、幅3m以上からなり、周辺端部100mmだけはCFRPスキン層のCFRPサンドイッチ構造からなる平面体を以下の方法で成形した。

- (a) 強化繊維基材を前記構成になるように所定のサイズ、形状に裁断して積層した後、特に形態安定が重要な箇所において、強化繊維基材に予め塗布していた接着性粒子(熱硬化性樹脂および硬化剤を混合して粉末化したもの)を加熱により溶融させて、積層した強化繊維基材同士を厚み方向に固着させた。それを2セット分準備した。かかる成型型の面上に強化繊維基材を積層したものを、長手方向と垂直な横断面を示す図3に示すように、強化繊維基材11、コア材12、前記基材11の順に配置した。そして、その上にガラス繊維強化プラスチック製押圧板21(厚さ1.5mm)を配設した後、樹脂注入口16a、16b、吸引口
- 0 17を形成した。

(b) その後、成型型20の成形部全体をバッグ材23で覆い、周囲はシール用粘着性テープ22a、22bを用いて密閉した。この時のプリフォームのスキン構造部における強化繊維基材部分の強化繊維体積率 V_{pf} は、48%であった。

- (c) そして、吸引口17に連通した減圧吸引チューブ27や真空トラップ28
- 0 を介して真空ポンプ29によって成形部を吸引した。内部は約0.8kPaの真空度に達した。

- (d) 次に、架台31を含む成型型20の全体を、熱風発生機33によって送風される熱風により加熱した(昇温を早くするため、初期の熱風は150℃、その後80℃に変更)。成型型20の周囲は断熱効果の高い断熱ボードとその支持用の
- 5 スチール細管製支持枠体からなる保温ボックス32で全体を覆っている。そして、熱風発生機33から発生して保温ボックス32内に送風される熱風の熱量を有効に利用するために、保温ボックス32の排気口34から出た熱風は、保温された排気ダクト(記載せず)を通して熱風発生機33に戻る(熱風循環する)ように構成されている。

(e) それから、熱電対 14 a および温度表示計 15 a でモニタしているバッグ材の温度 T_v が 80℃に達し、かつ熱電対 14 b および温度表示計 15 b でモニタしている成形型の温度 T_m が 75℃（すなわち、 ΔT が 5℃）である時点で、主剤と硬化剤とを混合して予め脱泡を済ませて注入可能な状態で樹脂槽内に準備
5 されていたエポキシ樹脂 24 a を、バルブ 26 a を開いて大気圧によって注入開始した。ただし、樹脂 24 a は成形型 20 より高い位置に配置し、正確には大気圧より高い圧力で注入した。なお、熱電対 14 b は、成形部における成形型面から 3 mm 内部の位置であった。この樹脂の 80℃における初期粘度は 70 mPa・s、75℃における初期粘度は 100 mPa・s であり、その差は 30 mPa・s であつた。
10 a・s であつた。

樹脂 24 a は、まず樹脂注入口 16 a からコア材に加工した溝 13 を通って吸引口 17 に向かって流動しながら次第に強化繊維基材に含浸して、やがてもう 1
15 つの樹脂注入口 16 b に達した頃には樹脂 24 a の流速がかなり落ちた。そのため、次に樹脂注入口 16 a 側のバルブ 26 a を閉じるのと殆ど同時に、バルブ 26 b を開放して樹脂注入口 16 b から樹脂 24 b の注入を開始した。そして、該樹脂注入口 16 b から流入した樹脂 24 b は、やがて吸引口 17 を経て減圧吸引チューブ 28 に到達した。それを確認した後、樹脂注入口 16 b 側のバルブ 26 b も閉じて樹脂注入を停止した。ここで、樹脂注入口 16 b に樹脂が到達したことを認識したのが、樹脂注入口 16 b より 50mm 樹脂注入口 16 a 側に設置した
20 樹脂検知センサである。

(f) それ以降は、吸引口 17 から真空ポンプ 29 により減圧を続けながら、成形型の温度 T_{pc} が約 130℃を保つように熱風温度を調節しながら約 3 時間保持して、強化繊維基材に含浸した樹脂を硬化させた。

(g) 樹脂が脱型可能な状態まで硬化していることを確認して各チューブやバッグ材などの副資材を除去し、FRP 成形体を成形型から取り出した。
25

該 FRP 成形体を検査したところ、どこにもピンホールやボイドが見当たらず、極めて良好な成形が行われていたことが実証された。この時の FRP 成形体スキン構造部における強化繊維機材部分の強化繊維体積率 V_f は、48% であつた。

<比較例 1>

前記（e）項において、バッグ材の温度 T_v が 80°C に達したものの、成形型の温度 T_m が 60°C （すなわち、 ΔT が 20°C ）である時点で、樹脂を同様に注入開始したこと以外は実施例と同様に成形を行った。

- 5 該FRP成形体を検査したところ、未含浸部およびボイドが数カ所発生し、品質は悪く、成形が良好に行われたとはいえなかった。

実施例 2

- 0 図 2 に示す成形型 1 は長さ 21 m で、幅が 2.5 m のFRP製の型である。この図には記載していないが、型全体は全周が断熱材で形成された簡易成形室（長さ 25 m 、幅 3.5 m 、高さ 2 m ）に有り、該成形室外に設けた熱風発生装置より熱風が型全体を加熱できる状況にある。その熱風は元に戻る様に循環式としている。ここで用いている強化繊維基材は、東レ（株）製炭素繊維織物“トレカ”T700 平織（ 200 g/m^2 目付）であり、トータル 16 PLY を配置している。

- 5 また、樹脂は東レ（株）製ポリアミン硬化型エポキシ樹脂：TR-C32 であり、図 4 に示したグラフは、東機産業（株）製E型粘度計：TVE-30 型を用いて、 70°C 及び 80°C における粘度変化を測定した。

- 0 強化繊維基材 2 の上には、離型用ナイロン製織布を介し、樹脂流動抵抗が強化繊維基材よりも $1/10$ 以上も低いポリエチレン製のメッシュ状織物（#200 メッシュ）を配置して樹脂拡散媒体として用いた。その上の所定の位置に樹脂検知センサを固定した。更に、基材や副資材などそれら全体をバギングフィルムで覆った。このバギングフィルムと成形型面とのシールは、合成ゴムで粘着性の高いシールテープを用いた。

- 5 図 2 に示すように、樹脂注入ラインは 4 カ所設けており、そのピッチは 5 m である。樹脂流動を検知する樹脂検知センサは、該樹脂注入ラインより約 100 mm 近辺に配置してある。幅方向での樹脂流動検知の誤差を小さくするために、幅方向では 2 カ所設置してある。

適用した樹脂検知センサは、特開 2001-27678 公報記載のプラスチック製の光ファイバーセンサである。該センサは、第 1 の光ファイバーと第 2 の光

ファイバーとが隣接し、第1の光ファイバーが持つ出射面と、第2の光ファイバーが持つ入射面の各々の面が傾斜しており、かつ傾斜した面同士が向き合う構成を有することで液体の有無を判定することが可能である。

- この光ファイバーは被覆部分を融着し、繭型に成形して双心化している。また、
- 5 単心の光ファイバー2本を接着剤を用いて接着し隣接させても良い。また単心の光ファイバーを接着せずに平行に揃えて布設しても良いが、ファイバー先端が回転しない機構が必要である。

- この隣接した2本の光ファイバー先端部での出射光もしくは散乱光の変化から液状体の有無を検出することにより、光ファイバーや膨潤材の固定治具
- 10 が不要となり、この治具が液状体の流れを妨げることがない。

- 樹脂検知センサとしては、光ファイバー以外にも種々のセンサが適用できるが、そのうちの1つとして図5に示すような誘電センサ 30 が適用できる。このセンサは、フレキシブルなベース基板7（例えば、ポリイミド製薄板；0.2～0.4 mm）上に導電性銀ペースト（ドータイト）で作製した櫛状の回路8を向かい合
- 15 わせたもので、該回路内に樹脂が流入し浸漬していったとき、その浸漬面積に応じて静電率（静電容量）が変化する事から、樹脂の浸漬位置が読みとれる。

- バギングが終了した後、断熱パネルで構成された断熱ボックス（図には記載していない）で成形型の全体を覆い、長手方向の片側より熱風発生機で温度が80℃の熱風を該断熱ボックス内に吹き付け、後方より排気して元の熱風発生機に戻す循環方式を採った。それと同時にバギングしたキャビティ内を真空吸引ライン B
- 20 より減圧開始し、型温が80℃に達する前までには1.3kPa（10Torr）以下までに減圧した。

- 次に、成形型温度 T_m が80℃にほぼ達した頃から樹脂注入を開始した。この時のバグ材温度 T_v もほぼ80℃であった。すなわち、 ΔT は実質的に0℃であった。まず、第1の樹脂注入ライン A1 に連通するチューブの途中に設けたバルブ D1 を開放し、樹脂容器 E1 より真空圧で第1の樹脂注入ライン A1 に樹脂を注
- 25 入した。注入された樹脂は、流動抵抗の低い樹脂拡散媒体内を流れながら基材内に含浸していく。しかし、樹脂の流れが第2の樹脂注入ラインに近づくに従って、流速は非線形的に減速していった。それは、既に樹脂拡散媒体に浸漬している樹

脂を後押ししたり、その樹脂を追い抜く様な形で送流されていくため流動抵抗が徐々に大きくなるためである。

- 樹脂のゲル化時間を考慮すると樹脂が高温下で流れる時間は限られる。その為、極端に減速した樹脂の注入は停止し、新たに流動抵抗の低い位置より注入する必要が有る。その限界時間や位置を考慮して設定した位置が第2番目以降の樹脂注入ラインの位置で有る。

- 従って、第1の樹脂注入ライン A1 より注入された樹脂が第2の樹脂注入ライン A2 に到達したところで、第2の樹脂注入ライン A2 からそのバルブ D2 を開いて注入を開始した。このとき、第2の樹脂注入ライン A2 に樹脂が到達したことを認識したのが、第2の樹脂注入ライン A2 より 100mm 後方に設置した樹脂検知センサ C2 である。この様に樹脂検知センサを設置する位置は、新しい樹脂注入位置を通過した近辺が好ましいが、新しい樹脂注入位置の直前（例えば、50～100mm 手前）なら問題ない。

- 第2の樹脂注入ライン A2 より注入された樹脂はやがて第3の樹脂注入ライン A3 に到達していったが、その後の処置は第2の樹脂注入ライン A2 での方法と全く同様である。最終的に、第4の樹脂注入ライン A4 より注入された樹脂が最端部に設けられた真空吸引ライン B に到達したとき、第4の樹脂注入ライン A4 からの樹脂注入も停止した。

- その後、約30分真空吸引を続けた後、吸引部のバルブ D5 を閉鎖した。なお、揮発性の溶剤を含む熱硬化性樹脂を用いる場合は、全域に樹脂含浸した後も真空吸引し続けた方が、ボイド発生防止のために好ましい。

ここで、樹脂の80℃における初期粘度は35 mPa・sであり、その差は実質的に0 mPa・sであった。

5 実施例3

本特許の別の実施例として、樹脂の流動状況を全く目視できない両面型40による本特許に関わる成形例を図6（金型の縦断面図）を用いて説明する。

図6において、金属製の型 41、下型 42 の中央に形成されたキャビティ内にフォームコア 44 の全周に強化繊維基材 43（東レ（株）製”トレカ” T300×

200g/m²目付の平織物、2 ply) を巻き付けたものを設置した。その中のフォームコア 44 は、耐熱性硬質ポリウレタン（発泡倍率が20倍、サイズは厚さ12mm、長さ2.5m、幅1.2m）で長手方向に樹脂流路としての細溝（幅1.5mm、深さ2.5mm、ピッチが15mm）を両面および側面に連通させて加工されている。

- 5 ただ、上面中央に、幅方向に広幅の溝（幅4mm、深さ4mm）を上記長手方向の溝と連通する様にライン状に加工されている。

樹脂の注入口は、上型 41 の中央部に一カ所 46 と長手方向の両側に幅方向に延びたライン状の溝 45 を設けている。但し、両側の幅方向に延びるライン状の溝は初期の真空吸引ラインとしても兼用する。

- 10 樹脂検知センサとしては、誘電センサ 6 を下型 42 面上に中央部および両端部の3カ所に設けている。

適用した樹脂は、実施例2と同様の東レ（株）製ポリアミン硬化型エポキシ樹脂：TR-C32である。

- 金型 40 を上、下型共に70℃まで昇温し、両側の真空吸引ライン 45 より真空
15 吸引開始する。真空度が6.5kPa（5 torr）を下回ったところで真空吸引ライン 45 は閉鎖し、中央の樹脂注入口 46 より樹脂を注入開始する。このときの樹脂の吐出圧は基材が樹脂の動圧で乱れぬように比較的低下の196kPa（2 kg/cm²）で行う。注入された樹脂は基材 43 を通してコア 44 の上面中央に設けた幅方向の溝に流入し、やがて長手方向の細溝に流れ込みながら両端部の方向に流動する。樹脂
20 は細溝を流れながら基材にも含浸していく。やがて、両端部をターンして下面側に流れていく。下面に流れ着いたことを下面側の両端部近くに配置した誘導センサ(G1,G3)がキャッチした時点で両側の樹脂注入ライン 45 より樹脂の注入を開始する。やがて、樹脂が下面中央部に達したことを検知した時点で両側の樹脂注入ライン 45 から注入する樹脂の圧力を490kPa（5 kg/cm²）に昇圧して硬化するま
25 で保持する。この様に、比較的高い樹脂圧を掛けながら硬化させると表面のピンホールやボイド等が加圧力により埋められてしまい解消することや樹脂の硬化収縮による引けも改善され、良好な意匠面が得られる。

ここで、樹脂の70℃における初期粘度は55 mPa・sであり、その差は実質的に0 mPa・sであった。

また、誘電センサによって樹脂注入完了後も、硬化過程のモニタリングが可能となった。特に、中央部と両端部の硬化の時間差などが詳細に読みとれた。

実施例 4

- 5 (1) 構造 : 長さが 5 m、幅が 3 m の平面体 (航空機用一次構造部材 (例えば主翼や尾翼のスキン板) を想定)。

(2) 強化繊維基材 : 接着性粒子を片面に全体的に塗布された一方向性織物
たて糸 : 東レ (株) 製 "トレカ" 引張強度 5830Mpa、引張弾性率 294Gpa、
破壊歪エネルギー 58MJ/m³、Tex=1030、2.8 本/cm、炭素繊維目付 295g/m²

- 0 よこ糸 : 日東紡績 (株) 製 ガラスヤーン ECE225 1/0 1.0Z DP バインダー、3
本/cm)

接着性粒子 : 主成分が熱可塑性樹脂、ガラス転移点 40℃、粒子量 40g/m²

(3) 疑似等方積層 [-45/0/45/90] _{3S}

(4) 樹脂拡散媒体 : アルミ製金網 (16 メッシュ、開口部 1.4mm)

- 5 (5) 成型型 : 厚さ 2 mm でステンレス製平板。

前記 FRP 成型体を以下の方法で成形した。

- (a) 強化繊維基材を前記構成になるように所定のサイズ、形状に裁断して成型型の面上に積層した。かかる強化繊維基材を積層したものの上に更にピールプライ、樹脂拡散媒体、アルミ製押圧板 (厚さ 2 mm) の順に配設した後、樹脂注入
10 ライン、吸引ラインを複数形成した。なお、樹脂注入ラインと吸引ラインは、図 3 と同じレイアウトとした。

(b) 実施例 1 と同様に成型部全体を密閉した。

(c) 実施例 1 と同様に成型部を吸引し、内部を 0.8 kPa の真空度にした。

- (d) 実施例 1 と同様に成型型の全体を熱風により加熱し、70℃ に昇温して 1 時
15 間保持した。上記手順で加熱しながら加圧することにより、接着性粒子により積層した強化繊維基材同士を厚み方向に固着させてプリフォームを作製した。この時のプリフォームにおける強化繊維体積率 $V_{pf} = 49\%$ であった。

(e) 熱電対でモニタしているバッグ材の温度 T_v が 70℃ に達し、成型型の温度 T_m が 67℃ (すなわち、 ΔT が 3℃) である時点で、主剤と硬化剤とを混合

して予め脱泡を済ませて注入可能な状態で樹脂槽内に準備されていたエポキシ樹脂を注入した。この樹脂の70℃における粘度は130 mPa・s、68℃における粘度は175 mPa・sであり、その差は45 mPa・sであった。なお、樹脂は成形型より低い位置に配置し、正確には大気圧より低い圧力で注入した。

- 5 熱電対は、成形型の裏面およびバッグ材の外面に配した。

実施例1と同様に、樹脂を第1の樹脂注入口から樹脂拡散媒体を経由して注入した。第1の樹脂注入口から注入された樹脂が第2の樹脂注入口にほぼ到達してから、第1の樹脂注入口からの注入を止めると同時に、第2の樹脂注入口から樹脂を注入した。そして、樹脂が吸引口に到達した後に樹脂注入を停止した。

- 10 (f) それ以降は、吸引口より減圧を続けながら、成形型の温度が固化温度である T_{pc} (130℃) になる様に T_m (75℃) から1.5℃/minの速度で昇温し、130℃で2時間保持して、強化繊維基材に含浸した樹脂を硬化させた。この時のFRPにおける強化繊維体積率 $V_f = 53\%$ であった。

- 15 (g) 成形型を常温に2.5℃/minの速度で降温し、ピールプライ、樹脂拡散媒体、チューブ、バッグ材などの副資材を除去し、FRP成形体を成形型から取り出した。この時の樹脂のガラス転移点は134℃となっていた。

(h) 別の熱風発生装置と保温ボックスとを用いて、脱型したFRPを完全固化温度 T_{ac} (180℃) になる様に室温から1.5℃/minの速度で昇温し、180℃で2時間保持して樹脂を更に硬化させた。

- 20 (i) その後、常温に2.5℃/minの速度で降温した。この時の樹脂のガラス転移点は176℃となっていた。

該FRP成形体を検査したところ、どこにもピンホールやボイドが見当たらず、極めて良好な成形が行われていたことが実証された。

以上の実施例および比較例を後ろの表1にまとめた。

25

発明の効果

以上説明したように、本発明の成形方法によれば、複数の樹脂注入口やラインを有する場合、たとえ樹脂流動状態が目視できない場合でも、要所に配置した樹脂検知センサを用いることによって、樹脂の要所での流動可否を的確に認識でき、

樹脂注入部からの樹脂注入のタイミングを図ることができる。それによって、未
 含浸部やボイドが発生することなく高品質のFRP成形品を得ることが可能とな
 る。この様な成形方法は、例えば、自動車の外板部材や一次構造材、航空機部材
 としての一次構造材(胴体や主翼、尾翼)、二次構造部材(フェアリングやコントロ
 ール・サーフェス)など、翼状部材(風車の翼体)や鉄道車両構体等、比較的大型の
 5 成形品の製造に好適である。

表 1

	実施例 1	比較例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
成形体サイズ (m × m)	5 × 3		21 × 2.5	2.5 × 1.2	5 × 3
成形時の温度 Tm	75°C	60°C	80°C	70°C	70°C
バグ材の温度 Tv	80°C		80°C	70°C	67°C
Tm と Tv との温度差 ΔT	5°C	20°C	0°C	0°C	3°C
固化温度 Tpc	約 130°C		80°C	70°C	130°C
加熱方法	熱風循環			モールド	熱風循環
成形室	断熱材で形成された簡易密閉室			-	断熱材で形成された簡易密閉室
樹脂拡散媒体	矩形状溝(幅 3mm、深さ 3mm、ピッチ 25mm)を有するコア材		メッシュ状織物	両面&側面に細溝(幅 1.5mm、深さ 2.5mm、ピッチ 15mm)を有するフォームコア	7μm製金網
Tm または Tv の低い方の温度における粘度 ηp	100mPa・s	290mPa・s	35 mPa・s	55 mPa・s	175mPa・s
Tm における粘度と Tv における粘度の差 Δη	30mPa・s	230mPa・s	0 mPa・s	0mPa・s	45mPa・s
フォームにおける強化繊維体積率 Vpf	48%		-	-	49%
複数の吸引口を介して成形部を減圧	図 3		図 2	図 6	図 3
樹脂検知センサからの信号による注入開始時期の制御	注入口 16a→16b		注入ライン A1→A2→A3→A4	注入口 46→45	注入口 16a→16b
FRP における強化繊維体積率 Vf	48%	-	-	-	53%
大型 FRP 部材の品位	ピンホールやボイドが見当たらず、極めて良好	未含浸部およびボイドが数カ所発生し、品質は悪い。	ピンホールやボイドが見当たらず、極めて良好		

請 求 の 範 囲

1. 次の（Ａ）～（Ｆ）の工程を必須とすることを特徴とする大型ＦＲＰ部材の製造方法。
 - 5 （Ａ）強化繊維基材を有するプリフォームを成形型面上に配置するセット工程、
 （Ｂ）成形部をバッグ材またはモールドで覆い、吸引口および樹脂注入口を設けて密閉する密閉工程、
 （Ｃ）成形部を吸引口から減圧する減圧工程、
10 （Ｄ）成形部を熱風またはモールドにて加熱する加熱工程、
 （Ｅ）成形型の温度 T_m とバッグ材またはモールドの温度 T_v とを共に室温以上かつその温度差 ΔT を 10°C 以内とし、樹脂注入口から熱硬化性樹脂を注入して強化繊維基材に樹脂を含浸させる樹脂注入工程、
15 （Ｆ）成形部を室温以上の所定の温度 T_{pc} に保持し、樹脂を固化させる固化工程。
2. 前記（Ｄ）の加熱工程において、成形型を断熱材で断熱された密閉室内に配置し、熱風を送風して成形部全体を加熱する請求項１に記載の大型ＦＲＰ部材の製造方法。
20
3. 前記（Ｄ）の加熱工程において、熱風を循環送風する請求項２に記載の大型ＦＲＰ部材の製造方法。
4. 前記プリフォームが、強化繊維基材と樹脂拡散媒体を必須とするプリフォームである請求項１に記載の大型ＦＲＰ部材の製造方法。
25
5. 前記樹脂拡散媒体として、シート状の樹脂拡散媒体を用いる請求項４に記載の大型ＦＲＰ部材の製造方法。

6. 前記樹脂拡散媒体が網目状シートであり、前記（F）の固化工程後に網目状シートをFRPから除去する請求項4に記載の大型FRP部材の製造方法。
- 5 7. 前記樹脂拡散媒体が樹脂通路用溝の形成されたコア材であり、前記（F）の固化工程後もコア材をFRP内に残す請求項4に記載の大型FRP部材の製造方法。
- 0 8. 前記（E）の注入工程において、前記成形型の温度 T_m またはバッグ材またはモールドの温度 T_v が $50 \sim 160^\circ\text{C}$ であり、前記（F）の固化工程において、前記成形部の所定の温度 T_{pc} が $80 \sim 180^\circ\text{C}$ である請求項1に記載の大型FRPの製造方法。
-
- 5 9. 前記（F）の固化工程の後に、さらに次の（G）および（H）の工程を有する請求項1に記載の大型FRP部材の製造方法。
- （G）固化したFRPを取り出す取出工程、
- （H）取り出したFRPをさらに前記成形部の所定の温度 T_{pc} より高く、かつ 100°C 以上の所定の温度 T_{ac} に保ち、樹脂を完全に固化させる完全固化工程。
- 0 10. 前記熱硬化性樹脂として、固化後のガラス転移温度が 120°C 以上となる樹脂を用いる請求項1に記載の大型FRP部材の製造方法。
- 5 11. 前記熱硬化性樹脂の、前記成形型の温度 T_m またはバッグ材またはモールドの温度 T_v の低い方の温度における粘度 η_p が $500\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下であり、かつ T_m における粘度と T_v における粘度の差 $\Delta\eta$ が $200\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以内である請求項10に記載の大型FRPの製造方法。
12. 複数の吸引口を介して成形部を減圧し、複数の樹脂注入口から樹脂を注入

する請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

13. 複数の樹脂注入口からの樹脂注入開始のタイミングをずらす請求項 1 2 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

5

14. 成形型内に設けた樹脂検知センサからの信号によって、複数設けられた樹脂注入口からの樹脂の注入開始時期を制御する請求項 1 2 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

10 15. 上記樹脂検知センサが、光を出射する出射面を先端近傍に有する第 1 の光ファイバーと、該出射された光を受光する入射面を先端近傍に有する第 2 の光ファイバーからなる検知センサである請求項 1 4 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

15 16. 上記樹脂検知センサが、誘電率の変化を検出するフレキシブルな誘電回路基板からなる検知センサである請求項 1 4 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

20 17. 前記 (E) 樹脂注入工程において、前記プリフォームにおける強化繊維基材の強化繊維体積率 V_{pf} を 45 ~ 62 % とし、熱硬化性樹脂を注入する請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

25 18. 前記 (F) 固化工程において、大型 F R P 部材における強化繊維基材の強化繊維体積率 V_f を 45 ~ 65 % にする請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

19. 前記強化繊維基材が炭素繊維を含む強化繊維基材である請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

20. 前記強化繊維基材が炭素繊維の織物を含む強化繊維基材である請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。
- 5 21. 前記強化繊維基材を複数枚積層配置する請求項 1 に記載の大型 F R P 製部材の製造方法。
22. 前記強化繊維基材同士が部分的に互いに固定されている請求項 1 9 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。
- 0 23. 前記 (E) の樹脂注入工程において、樹脂槽を成形面より高い位置に配置する請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。
- ~~24. 前記 (E) の樹脂注入工程において、注入した樹脂がゲル化するまで前記~~
~~吸引口より吸引し続ける請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。~~
- 5 25. 最大長さが 3 m 以上の F R P を成形する請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。
- 0 26. 大型 F R P 部材が、航空機、自動車、鉄道車両、もしくは船舶の輸送機器における一次構造部材、二次構造部材、外装部材、内装部材またはそれらの部品である請求項 1 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。
27. 前記一次構造部材が、航空機の胴体、主翼またはそれらの部品である請求項 2 4 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。
- 5 28. 前記一次構造部材が、航空機の胴体または主翼の C F R P 製スキーンストリンガー構造部材である請求項 2 5 に記載の大型 F R P 部材の製造方法。

図 1

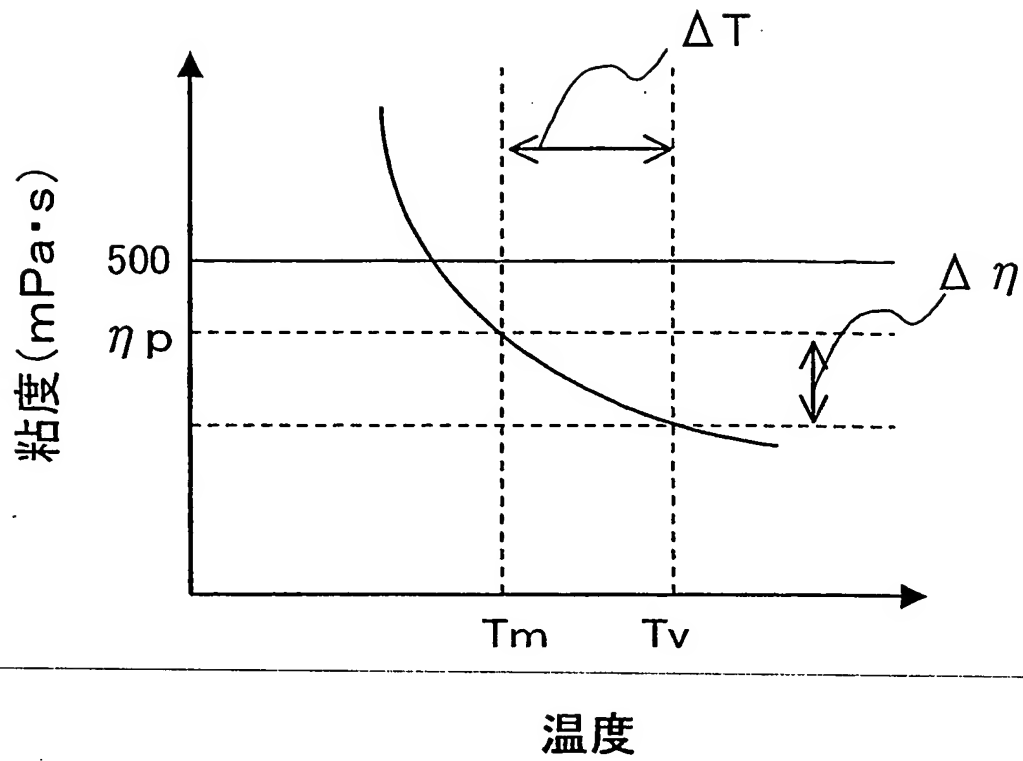


図 2

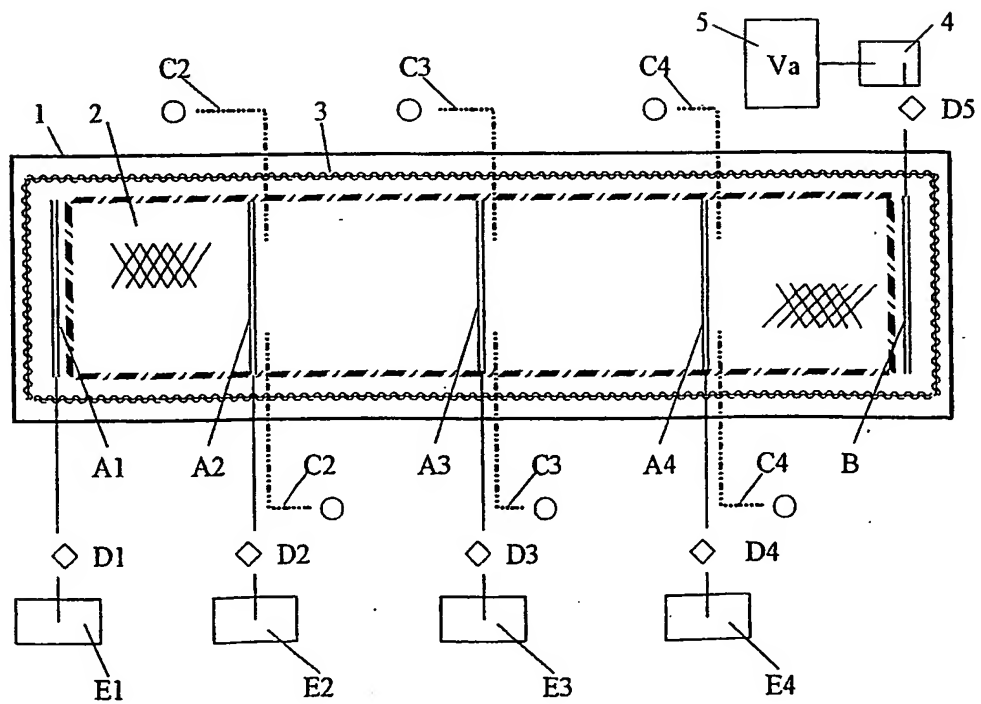


図 3

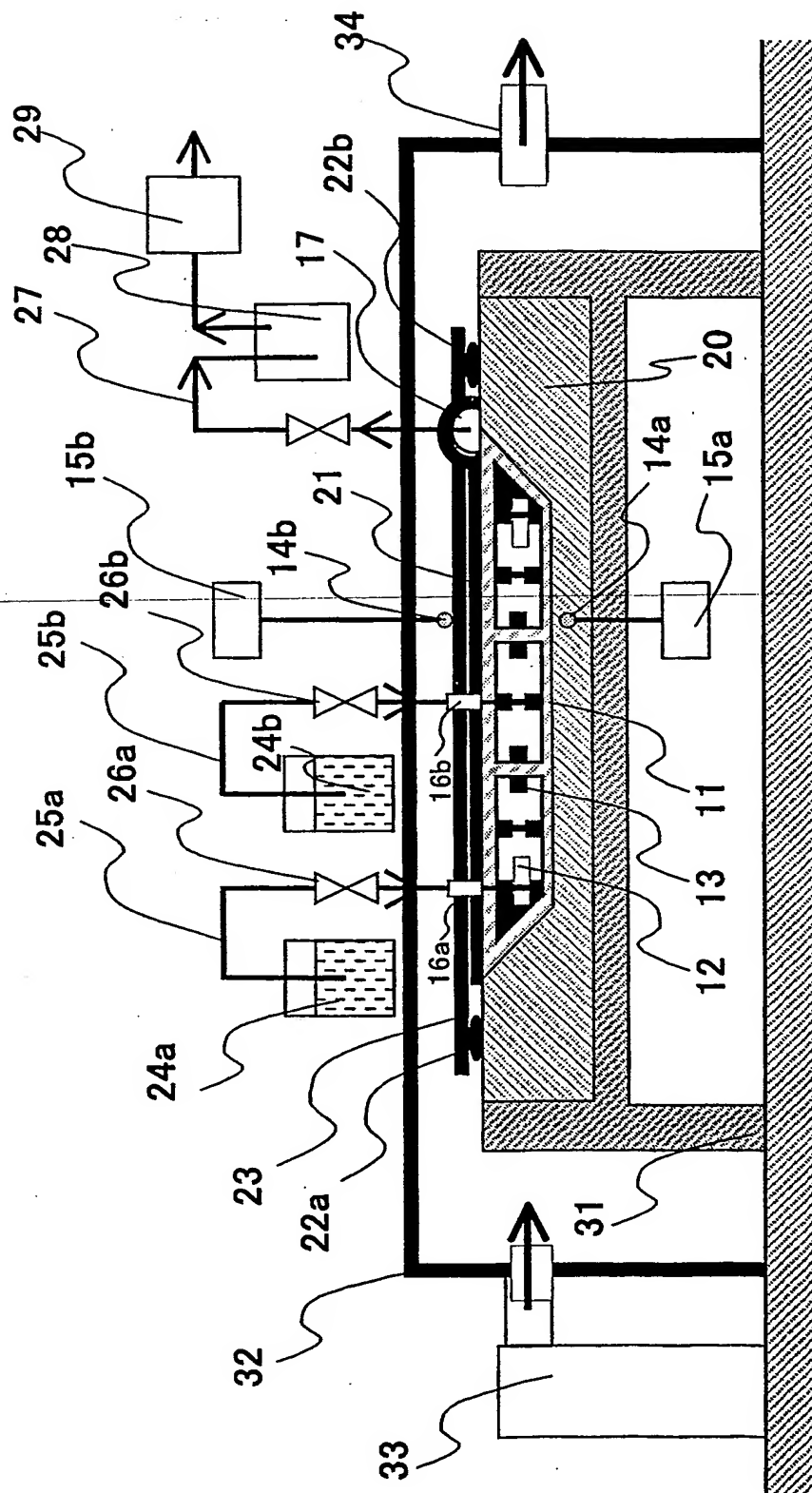


図 4

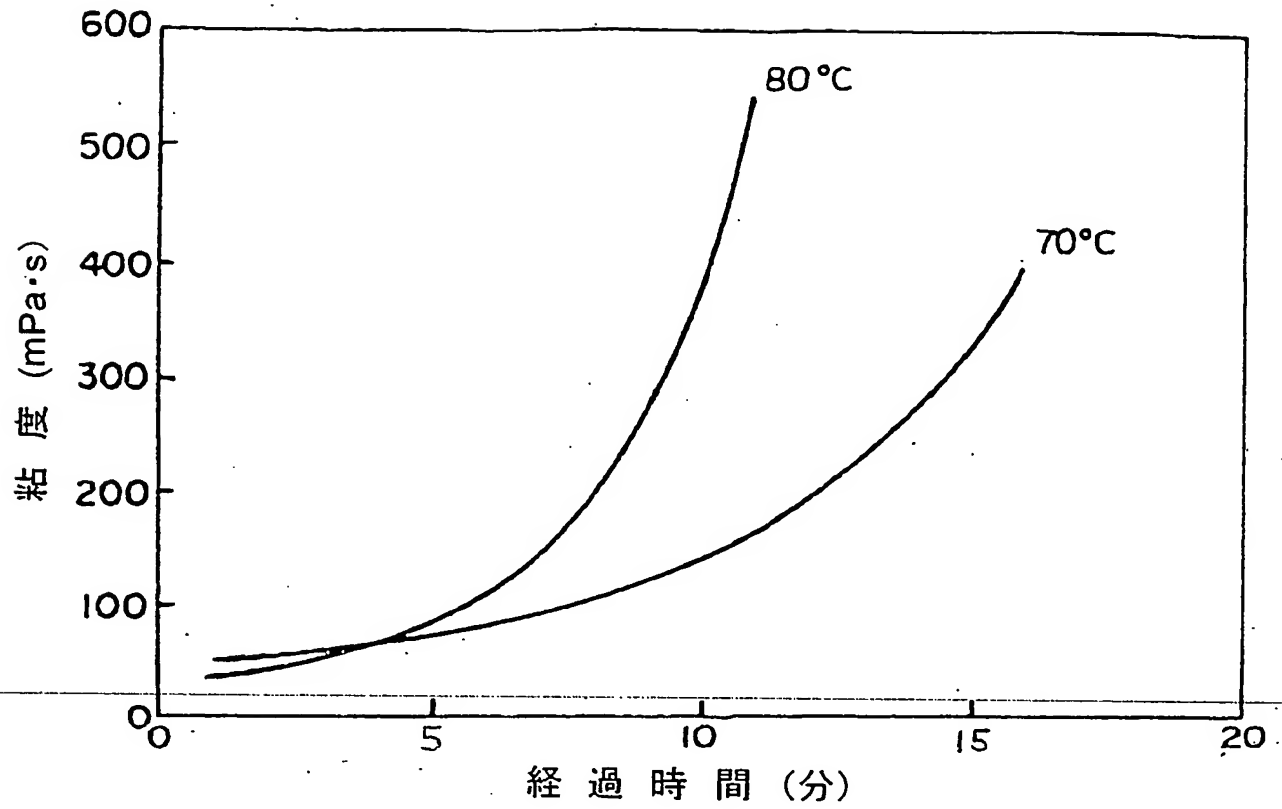


図 5

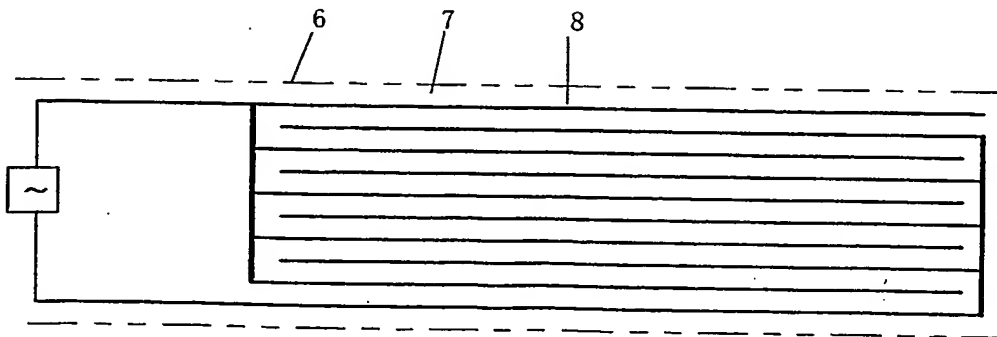


図 6

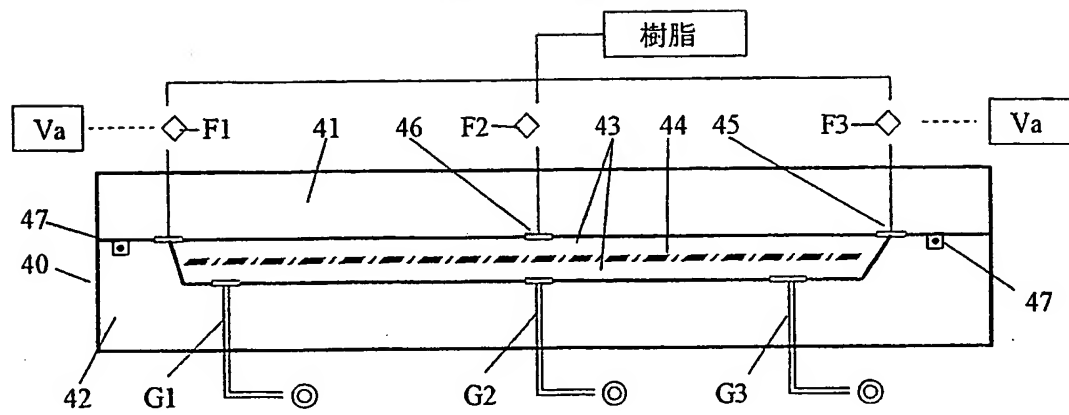


図 7

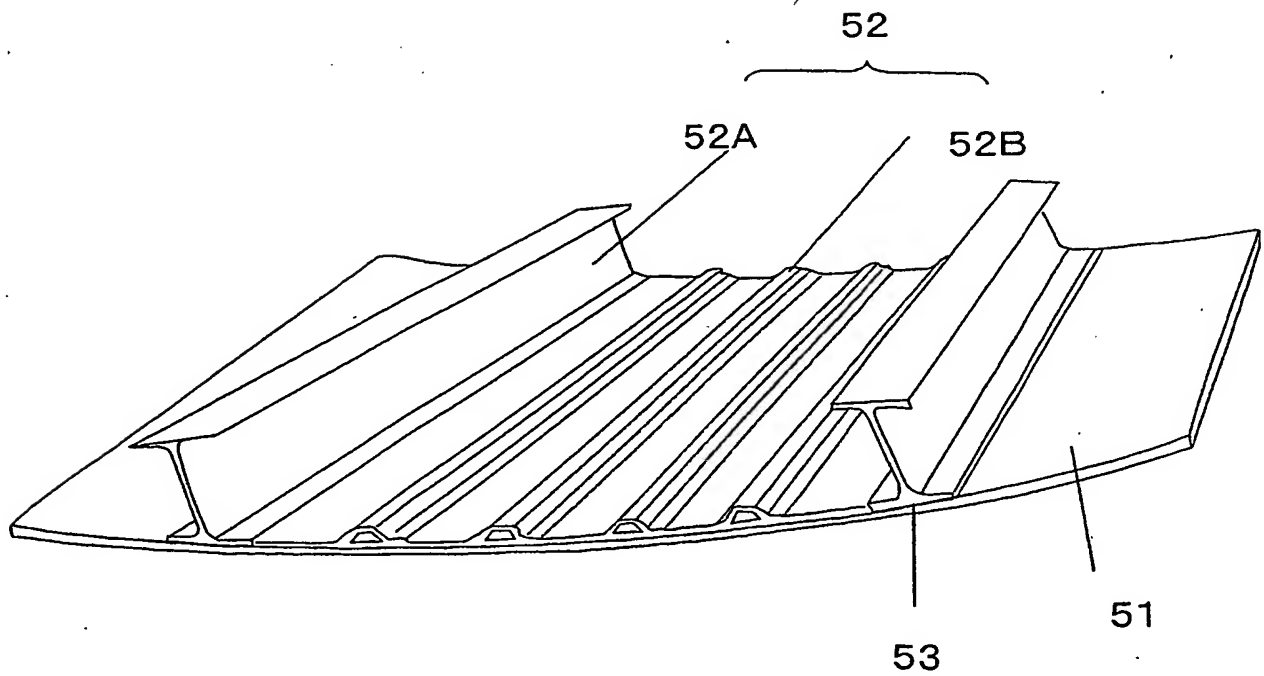


図 8

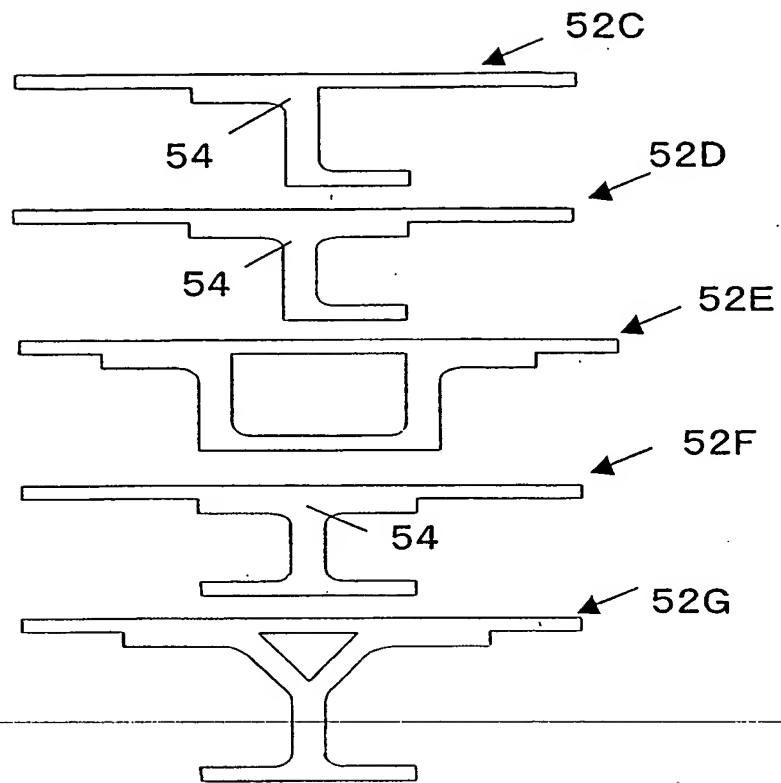
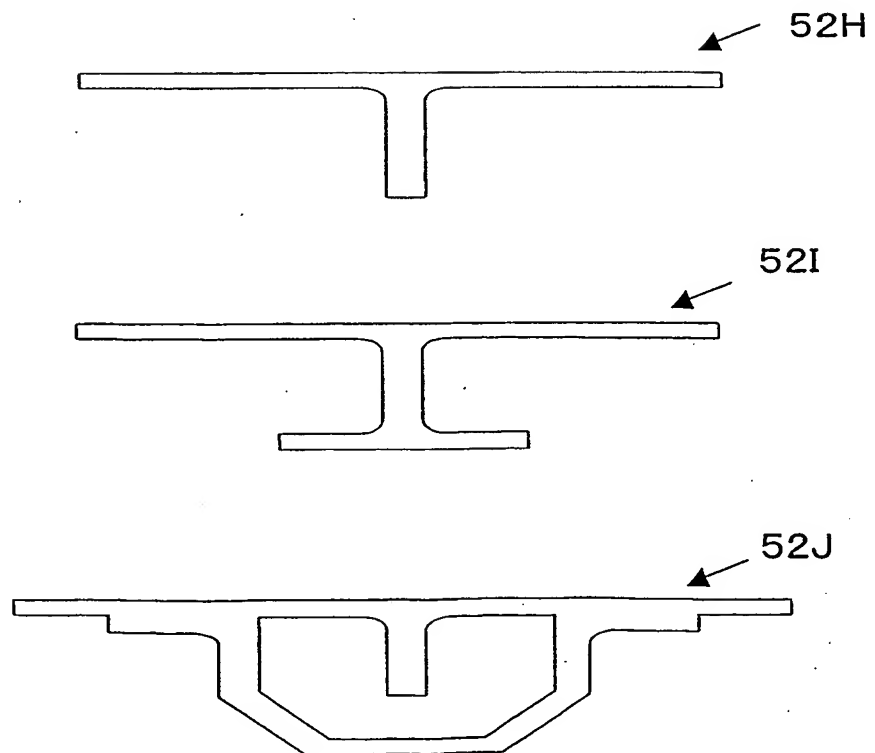


図 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/08019

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B29C39/10, B29C39/24, B29C39/38//B29K105:06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B29C39/00-39/44, B29C70/00-70/88, B64C1/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>Y</u>	JP 2000-43173 A (Toray Industries, Inc.), 15 February, 2000 (15.02.00), Claims 1, 12; Par. Nos. [0003], [0015], [0025]; Fig. 1 (Family: none)	<u>1-4, 7, 8,</u> 10-12, 17-28 <u>5, 6, 9, 13-16</u>
<u>A</u>		
<u>Y</u>	JP 1-163028 A (Mitsubishi Electric Corp.), 27 June, 1989 (27.06.89), Page 2, upper left column, line 3; page 2, lower right column, lines 9 to 10 (Family: none)	<u>1-4, 7, 8,</u> 10-12, 17-28 <u>5, 6, 9, 13-16</u>
<u>A</u>		
<u>Y</u>	JP 4-144723 A (Mitsubishi Kasei Corp.), 19 May, 1992 (19.05.92), Claims (Family: none)	<u>1-4, 7, 8,</u> 10-12, 17-28 <u>5, 6, 9, 13-16</u>
<u>A</u>		

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent familyDate of the actual completion of the international search
30 October, 2002 (30.10.02)Date of mailing of the international search report
12 November, 2002 (12.11.02)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/08019

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>Y</u>	JP 7-100838 A (Mitsubishi Materials Corp.), 18 April, 1995 (18.04.95), Claims; Fig. 1 (Family: none)	<u>2, 3</u>
<u>Y</u>	JP 7-117137 A (Dainippon Ink And Chemicals, Inc.), 09 May, 1995 (09.05.95), Claim 1; Fig. 3 (Family: none)	<u>12</u>
<u>Y</u>	JP 2000-343538 A (Kabushiki Kaisha FJC), 12 December, 2000 (12.12.00), Claim 2; Par. No. [0020] (Family: none)	<u>12</u>
<u>Y</u>	US 6257858 B1 (Deutsches Zentrum Fur Luft-Und Raumfahrt E.V.), 10 July, 2001 (10.07.01), Fig. 5; column 8, lines 10 to 16 & JP 11-501880 A & WO 97/12754 A1	<u>25-28</u>
<u>A</u>	JP 2001-27678 A (Toray Industries, Inc.), 30 January, 2001 (30.01.01), Claims (Family: none)	<u>14, 15</u>
<u>A</u>	JP 2001-191351 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 17 July, 2001 (17.07.01), Full text (Family: none)	<u>1-28</u>

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ B29C39/10, B29C39/24, B29C39/38
//B29K105:06

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ B29C39/00-39/44, B29C70/00-70/88
B64C 1/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2002年
日本国登録実用新案公報 1994-2002年
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>Y</u>	JP 2000-43173 A (東レ株式会社) 2000.02.15, 請求項1、請求項12、 段落【0003】、【0015】、【0025】、図1 (ファミリーなし)	<u>1-4,</u> <u>7, 8,</u> <u>10-12,</u> <u>17-28</u> <u>5, 6, 9,</u> <u>13-16</u>
<u>A</u>		

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.10.02

国際調査報告の発送日

12.11.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号特許庁審査官 (権限のある職員)
斎藤 克也

4F

3034

電話番号 03-3581-1101 内線 3430

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>Y</u>	J P 1-163028 A (三菱電機株式会社) 1989. 06. 27, 第2頁左上欄3行、 第2頁右下欄9~10行 (ファミリーなし)	<u>1-4,</u> <u>7, 8,</u> <u>10-12,</u> <u>17-28</u> <u>5, 6, 9,</u> <u>13-16</u>
<u>A</u>		
<u>Y</u>	J P 4-144723 A (三菱化成株式会社) 1992. 05. 19, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	<u>1-4,</u> <u>7, 8,</u> <u>10-12,</u> <u>17-28</u> <u>5, 6, 9,</u> <u>13-16</u>
<u>A</u>		
<u>Y</u>	J P 7-100838 A (三菱マテリアル株式会社) 1995. 04. 18, 特許請求の範囲、図1 (ファミリーなし)	<u>2, 3</u>
<u>Y</u>	J P 7-117137 A (大日本インキ化学工業株式会社) 1995. 05. 09, 請求項1、図3 (ファミリーなし)	<u>12</u>
<u>Y</u>	J P 2000-343538 A (株式会社エフジェイシー) 2000. 12. 12, 請求項2、段落【0020】 (ファミリーなし)	<u>12</u>
<u>Y</u>	US 6257858 B1 (DEUTSCHES ZENTRUM FUR LUFT-UND RAUMFAHRT E.V.) 2001. 07. 10, 図5、第8欄10-16行 & J P 11-501880 A & WO 97/12754 A1	<u>25-28</u>
<u>A</u>	J P 2001-27678 A (東レ株式会社) 2001. 01. 30, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	<u>14, 15</u>
<u>A</u>	J P 2001-191351 A (川崎重工業株式会社) 2001. 07. 17, 文献全体 (ファミリーなし)	<u>1-28</u>

BLANK PAGE

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

BLANK PAGE